

Untersuchungen über den Kernphasenwechsel und zur Entwicklung von Batrachospermum (Roth.)

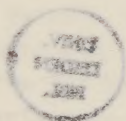
Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften
der Justus Liebig-Universität Giessen
(Fachbereich Biologie)

vorgelegt von
Liesel Eickhorst-Hurdelbrink
aus Bad Essen

Giessen, 1973

Untersuchungen über den Kernphasenwechsel und zur Entwicklung von Batrachospermum (Roth.)

**Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften
der Justus Liebig-Universität Giessen
(Fachbereich Biologie)**



**vorgelegt von
Liesel Eickhorst-Hurdelbrink
aus Bad Essen**

Giessen, 1973



Dekan: Prof. Dr. W. Lueken
I. Berichterstatter: Prof. Dr. H. O. Schwantes
II. Berichterstatter: Prof. Dr. D. von Denffer
Tag der mündlichen Prüfung: 12. 7. 1973

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung und Problemstellung	4
B. Material und Methode I	8
I. Kulturmateriail	8
II. Kulturbedingungen	8
a. Nährmedien, Kulturgefäße	8
b. Temperatur, Beleuchtung, farbige Lichtfelder	10
III. Kulturmethode	10
C. Morphologische Beobachtungen zur Ent- wicklung von Batrachospermum	12
I. Nomenklatorische Fragen	12
II. Ablauf der Entwicklung	14
D. Material und Methode II	17
I. Bestimmung des DNS-Gehaltes der Zellkerne des Gametophyten und der Chantransia-Fäden	17
a. Kernfärbung	17
b. Cytophotometrie des gefärbten Zellkerns	18
c. Auswertung der Meßwerte	19
II. Ergebnisse der cytophotometrischen Messungen	19
III. Diskussion der Ergebnisse	22
E. Einfluß der spektralen Lichtzusammen- setzung auf Wachstum und Pigmentgehalt der Alge	26
I. Wachstum der Alge	26
a. Keimung	26
b. Wachstum der Keimlinge	27
II. Mikrospektralphotometrische Bestim- mung der Rhodoplastenabsorption lebender Chantransia-Zellen	31

a. Mikrospektralphotometrie von Einzelzellen	31
b. Absorptionsspektren von Chantransien aus dem Freiland	34
c. Absorptionsspektren von Chantransien nach Kultur in Lichtfeldern unterschiedlicher spektraler Zusammensetzung	34
III. Diskussion der Ergebnisse	35
F. Zusammenfassung	39
H. Literaturverzeichnis	41
<u>Anhang</u> : Abbildungen	

A. Einleitung und Problemstellung

Das im November 1970 in Paris abgehaltene "Colloque sur les cycles sexuels et l'alternance des générations chez les Algues" beschäftigte sich mit einem Problemkreis, in den sich ein Teil dieser Arbeit einfügt. Wenn ich in wenigen Worten die Diskussionen über die Entwicklungszyklen der Rhodophyceen resümieren darf, so stellt sich der heutige Wissensstand auf diesem Gebiet folgendermaßen dar.

Die fast ein halbes Jahrhundert gültige, von SVEDELIUS (1915) aufgestellte These, die primitive haplobiontische (z.B. Nematium) den höher entwickelten diplobiontischen (z.B. Polysiphonia) Rotalgen gegenüberstellte, ist endgültig aus der Diskussion ausgeschieden. Als diplobiontisch bezeichnet SVEDELIUS, ausgehend von Polysiphonia, solche Algen, die zwei selbständige, isomorphe Generationen (Gametophyt und Tetrasporophyt) aufweisen. Der dem Gametophyten aufsitzende Karposporophyt wird in dieser Einteilung nicht berücksichtigt. Haplobiontische Rotalgen besitzen nur eine selbständige Generation, den Gametophyten. Die erste Teilung der Zygote entspricht nach SVEDELIUS der Meiose.

Zwei Tatsachen rückten im Laufe der letzten zwanzig Jahre immer mehr in den Vordergrund, die die Existenz haplobiontischer Rotalgen in Frage stellten:

1. Der Nachweis von Tetrasporophyten bei Algen, die bis dahin nur durch einen Gametophyten repräsentiert zu sein schienen (z.B. bei *Asparagopsis armata* (FELDMANN, 1942), *Porphyra* (DREW, 1949), *Bonnemaisonia hamifera* (HARDER und KOCH, 1949), *Balbiania investiens* (SWALE und BELCHER,

1963), *Halarachnion ligulatum* (BOILLOT, 1965), *Liagora farinosa* (v. STOSCH, 1965), *Nemalion* (FRIES, 1967, UMEZAKI, 1967), *Scinaia* (BOILLOT, 1968), *Rhodochaete* (BOILLOT, 1969), *Neurocaulon* (CODOMIER, 1969), *Thuretellopsis* (DIXON und RICHARDSON, 1969), *Pseudogloiophloea* (RAMUS, 1969), *Gloiosiphonia* (EDELSTEIN, 1970), *Naccaria* (SMITH und JONES, 1970).

2. Der Nachweis diploider Stadien bei Algen, die bisher als reine Haplonten angesehen wurden (z.B. bei *Porphyra* (MAGNE, 1952, YABU und TOKIDA, 1963, MIGITA, 1967, GIRAUD und MAGNE, 1968, YABU, 1969), *Bonnemaisonia* (MAGNE, 1960 a), *Rhodochaete* (MAGNE, 1960 b), *Scinaia* und *Lemanea* (MAGNE, 1961 a), *Nemalion* (MAGNE, 1961 b), *Pseudogloiophloea* (RAMUS, 1969), *Batrachospermum* (HURDELBRINK und SCHWANTES, 1972).

Als typisches Beispiel für die haplobiontischen Rotalgen kann nun auch *Batrachospermum*, das klassische Beispiel in zahlreichen Lehrbüchern, nicht länger gelten. Cytophotometrisch wurde die *Chantransia* als diploides Stadium im Entwicklungszyklus von *Batrachospermum* nachgewiesen (HURDELBRINK und SCHWANTES, 1972). Ein Ziel dieser Arbeit ist es nun, diese vorläufigen Ergebnisse mit zusätzlichen Fakten differenzierter zu interpretieren, und durch weitere Beobachtungen im Kulturexperiment die Entwicklung der Alge näher zu analysieren. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf die Übergangszone zwischen *Chantransia* und Gametophyt gerichtet. Die Metamorphose bei der Entwicklung der *Chantransiazellen* zum Gametophyten soll hinsichtlich der Meiose eingehend diskutiert werden.

Die zur Messung des DNS-Gehaltes herangezogene

Methode der Cytophotometrie legte es nahe, ein weiteres, bei der Kultur der Alge auftretendes Problem, nämlich das der chromatischen Adaptation, anzugehen. Für Blaualgen ist dieses Phänomen in der Literatur an vielen Beispielen untersucht worden (HARDER, 1923, RABINOWITCH, 1945, 1951, BLINKS, 1954, HALLDALL, 1958, HATTORI und FUJITA, 1959 a, 1959 b, ÔNEOCHA, 1962). Rotalgen, die ein den Cyanophyceen verwandtes Pigment-system besitzen, nämlich neben Chlorophyll a Phycoerythrin und Phycocyan, sind hinsichtlich der obigen Frage weniger bearbeitet worden (YOCUM, 1951, YOCUM und BLINKS, 1958, HARDER und BEDERCKE, 1957, BRODY und EMERSON, 1959).

Chromatische Adaptation ist definiert als die Fähigkeit eines Organismus, sich an die in seinem Biotop vorherrschende jeweilige Lichtfarbe und Lichtintensität durch Verlagerung des Mengenverhältnisses der für die Photosynthese wichtigen Farbstoffe anzupassen. Das würde für den Fall der Rhodophyceen, die vielfach ihren Lebensraum in größeren Meerestiefen mit blaugrünem Licht relativ geringer Intensität haben, bedeuten, daß ihr Chlorophyll-Phycobilin-Verhältnis zugunsten der Phycobiline verschoben ist. Tatsächlich sind auch alle mit diesem Problem beschäftigten Experimentatoren zu dem Ergebnis gelangt, daß den Phycobilinen als accessorischen Pigmenten für die Photosynthese der Rotalgen eine bedeutende Rolle zukommt (RABINOWITCH, 1945, 1951, BLINKS, 1954).

Nun wächst *Batrachospermum* nicht in dem oben beschriebenen Lebensraum. Man findet sie direkt unter der Wasseroberfläche. Es scheint uns deswegen interessant, näheres über das Verhältnis

der Pigmente unter normalen Lichtbedingungen und unter Kulturbedingungen in begrenzten Spektralbereichen zu erfahren.

B. Material und Methode I

I. Kulturmateriail

Das Kulturmateriail wurde von zwei Standorten in der näheren und weiteren Umgebung von Giessen entnommen. In einem Fall handelt es sich um *Batrachospermum moniliforme*. Die Pflanzen wachsen in einem Emaillebecken, das in einem Erlenwäldchen gelegen, den Zufluß zu Fischteichen reguliert. Die Alge ist hauptsächlich durch ihren Gametophyten repräsentiert, der vom Frühjahr bis in den Hochsommer reichlich gut ausgebildete Karposporophyten liefert. Das zu dem Gametophyten gehörende Chantransia-Stadium ist äußerst schwach entwickelt. Mit bloßem Auge ist es nicht zu erkennen. Im anderen Fall handelt es sich um *Batrachospermum ectocarpum*, eine Art, die ebenfalls in die Sektion der Moniliformia gehört. Die Rasen des Chantransia-Stadiums dieser Alge bedecken im Herbst und Winter die Steine eines relativ schnell fließenden Baches. Schon Ende Januar findet man junge Gametophyten, die etwa Mitte März reife Karposporophyten tragen. An diesem Standort kann man deutlich einen jahresperiodischen Wechsel zwischen Chantransia und Gametophyt beobachten. Hinsichtlich der Bestimmung der Chantransia möchte ich mich SIRODOT (1884) anschließen, der sowohl *B. moniliforme* als auch *B. ectocarpum* einer der variablen Formen von *Ch. chalybea* zuschreibt.

II. Kulturbedingungen

a. Nährmedien, Kulturgefäße

Neben einer artifiziellen Nährlösung (v. STOSCH

unveröffentlicht) wurde eine modifizierte Erd-Schreiber-Lösung als Nährmedium verwandt. Da die Alge im letzteren ein kräftigeres Wachstum zeigte, fand es als Standardmedium fast ausschließlich Anwendung. Die Nährsalze wurden bezogen von der Firma Riedel de Haen. Als Kulturgefäße dienten Einweg-Plastik-Petrischalen mit einem Durchmesser von sechs cm. Die Rezepte der Nährlösungen lauten folgendermaßen :

1. modifizierte Erd-Schreiber-Lösung

Standortwasser	---	1000 ml
Erddekot	---	20 ml
Na_2HPO_4	---	20 mg
Na NO_3	---	20 mg

2. 1/10 EDTA-Gloeodinium-Lösung 1961

Aqua dest.	---	1000 ml
KNO_3	---	50,5 mg
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 1\text{H}_2\text{O}$	---	13,8 mg
MgSO_4	---	24,7 mg
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	---	0,29 mg
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	---	0,28 mg
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	---	$1,98 \text{ mg} \cdot 10^{-3}$
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	---	$0,29 \text{ mg} \cdot 10^{-3}$
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	---	$0,25 \text{ mg} \cdot 10^{-3}$
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	---	$9,54 \text{ mg} \cdot 10^{-3}$
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	---	$2,24 \text{ mg} \cdot 10^{-3}$
$\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	---	$372,0 \text{ mg} \cdot 10^{-3}$

b. Temperatur und Beleuchtung, farbige
Lichtfelder

Die Kultur der Algen erfolgte in Kulturschränken der Firma FRIGIDAIRE, die zur Hälfte mit PHILIPPS Warmlampen Type TL-F 65W/29 und zur Hälfte mit PHILIPPS Kalttonlampen Type TL-F 65W/33 ausgestattet waren. Die Temperaturen betrugen je nach Versuchsanordnung 15°C ($\pm 1^{\circ}$) oder 20°C ($\pm 1^{\circ}$). Licht und Dunkel wechselten im Rhythmus 16 : 8 Stunden im Langtag und 8 : 16 Stunden im Kurztag. Die Lichtintensität in Höhe der Kulturen betrug etwa $4000 \text{ erg/cm}^2/\text{sec}$.

Zu den Algenkulturen, die diesen Standardbedingungen unterlagen, wurden Parallelen in farbigen Lichtfeldern durchgeführt. Die Lichtfelder mit Emissionen geringer Halbwertsbreite wurden erzeugt durch die in Tabelle I angegebenen Lampen- und Filterkombinationen (Plexiglasfilter der Firma RÖHN und HAAS, Darmstadt). In den Lichtfeldern gab es keinen Licht-Dunkel-Wechsel, sondern Dauerlicht, dessen Intensität in Höhe der Kulturen etwa $1200 \text{ erg/cm}^2/\text{sec}$ betrug. Es herrschte eine Temperatur von 20°C (± 1). Kontrollversuche wurden in den oben beschriebenen Schränken durchgeführt, die in diesem Fall auf Dauerlicht, 20°C und eine Lichtintensität von $1200 \text{ erg/cm}^2/\text{sec}$ einreguliert waren.

III. Kulturmethode

Kulturen gingen immer von Karpo- bzw. Monosporen aus, wobei deren Eigenschaft, sich auf Glas festzusetzen, ausgenutzt wurde. Auf in Petrischalen mit Nährmedium befindlichen Objektträgern wurden reife Karposporophyten bzw. sporulierende Chantransien ausgelegt. Wenn nach

einigen Stunden genügend Sporen ausgefallen waren, konnten Karposporophyten und Chantransien entfernt werden. Die jungen Keimlinge hefteten sich am Glas an und wurden mit dem Objektträger wöchentlich in frisches Nährmedium gebracht. Auf diese Weise ließen sich Unialgalkulturen erhalten.

Tab. I : Zusammensetzung der Lampen- und Filterkombination zur Erzeugung von farbigen Lichtfeldern mit Emissionen geringer Halbwertsbreite

Farbe	Lampe	R&H Plexiglas	Emissions- schwerpunkt
Blau	Osram Farbe 64	Nr. 627	480 nm
Grün	Osram Farbe 63	Nr. 303 + Nr. 701	545 nm
Rot	Philipps Farbe 15	2 x Nr. 501	660 nm

C. Morphologische Beobachtungen zur
Entwicklung von Batrachospermum

I. Nomenklatorische Fragen

CHADEFAUD (1952, 1954, 1960, 1968) hat in vier grundlegenden Arbeiten versucht, durch vergleichende Analyse die Struktur der Algen aufzuklären. Seine phylogenetische Interpretation führt die Mannigfaltigkeit der morphologischen Erscheinungsbilder auf einige Grundtypen zurück, von denen für die Interpretation des Aufbaus von Batrachospermum zwei relevant sind:

1. der "protothalle", der das horizontale Lager und das Chantransia-Stadium umfaßt und im weiteren hier Protothallus genannt wird,
2. der "thalle à cladome", der dem Gametophyten entspricht und im weiteren Kladothallus bzw. Kladom genannt werden soll.

Da der Protothallus aus verzweigten Fäden besteht, ist auch die Bezeichnung Nematothallus (nématothalle) berechtigt. In seiner vollständigen Ausprägung als heterotricher Protothallus (protothalle hétérotriche) ist er gegliedert in den kriechenden Protothallus (protothalle rampant), dessen Fäden auf dem Substrat haften und in den aufgerichteten Protothallus (protothalle dressé), dessen aufrechte Fäden sich aus den kriechenden entwickeln.

Der Protothallus steht in vielen Fällen am Anfang der Entwicklung eines Kladothallus. Letzterer entsteht aus dem aufgerichteten Protothallus dadurch, daß die Scheitelzelle eines aufrechten Fadens ihre Teilungsaktivität beschleunigt, und daß ihre Deszendenten einer veränderten Differenzierung unterliegen. Durch

inäquale Teilung gliedern die einzelnen Zellen dieser primären Hauptachse an ihren apikalen Polen die sogenannten Coxalzellen ab, die durch weitere Verzweigung zum einen Wirteläste mit begrenztem Wachstum, zum anderen sekundäre Hauptachsen bilden. Die Wirteläste, die in ihrem Aufbau nicht der Hauptachse gleichen, tragen die Bezeichnung Pleuridien (pleuridies). Durch unbegrenztes Wachstum ausgezeichnet, entspricht das primäre Kladom (cladomeprimaire) einem Langtrieb. Die seitlichen Pleuridien sind jedoch keine Kurztriebe im strengen Sinne der Definition, da sie nicht die gestauchten Elemente eines Langtriebes aufweisen, sondern eine dem aufgerichteten Protothallus ähnliche Verzweigung zeigen. In Abb. 6 auf Seite 13 seines Aufsatzes von 1968 stellt CHADEFAUD die hypothetische Entwicklung der Pleuridie dar. Die Hauptachse des Kladothallus muß seiner Meinung nach aus den büschelig verzweigten Fäden des Protothallus durch eine Wachstumshemmung der Seitenzweige entstanden sein. Die morphologische Gleichwertigkeit der durch Verzweigung entstandenen Fäden des Protothallus wird im Kladothallus aufgegeben. Die zentrale Achse dominiert und begrenzt das Wachstum der Seitenzweige durch bisher noch unbekannte stoffliche Komponenten. Dieser Konzeption zufolge wäre eine Pleuridie nichts anderes als ein im Wachstum gehemmtes Büschel von Seitenzweigen des Protothallus.

Die konsequente Forderung aus dieser phylogenetischen Interpretation einer Entstehung des Kladothallus müßte folgendermaßen lauten. Wenn die Wirteläste die prospektive Potenz von Protothallus-Zellen besitzen, müßten sie durch spe-

zielle experimentelle Anordnungen zur Bildung von zusätzlichen Hauptachsen (sekundären Kladiomen) anzuregen sein. Diese Experimente sind L'HARDY-HALOS (1966, 1971 a, b) bei verschiedenen Antithamnion-Arten gelungen. Die Autorin kommt zu dem Ergebnis, daß alle Zellen der Pleuridien in ihrer prospektiven Potenz den axialen Zellen entsprechen, daß ihre prospektive Bedeutung jedoch durch eine Hemmwirkung der Achse beschränkt ist.

II. Ablauf der Entwicklung

Anhand des in Abb. 1 dargestellten Entwicklungszyklus von Batrachospermum soll die Entwicklung der Alge, wie sie unter normalen Kulturbedingungen abläuft, beschrieben werden. Gleichzeitig soll die Beeinflussung dieser Normalentwicklung durch besondere, im Methodenteil beschriebene, experimentelle Gegebenheiten berücksichtigt werden, um auf diese Weise einen Einblick in die Plastizität der Entwicklung zu erhalten.

Beginnen wir die Beobachtung mit der Keimung einer aus dem Karposporangium entlassenen Karpospore. Der Vorgang der Keimung, von SIRODOT (1884), GEITLER (1937), KYLIN (1917) und YOSHIDA (1959) detailliert beschrieben, läuft in kurzen Worten folgendermaßen ab. Vor der Keimung umgibt sich die nackt geschlüpfte Spore mit einer dünnen Zellwand. Diese stülpt einen schmalen Keimschlauch aus, in den allmählich der ganze Sporenhalt einwandert. Von der eigentlichen Spore bleibt nur die leere Hülle als kleiner Ballon zurück. Der Keimschlauch wächst heran zu einem kriechenden Faden, der im 4 - 6- Zellen-Stadium die ersten Verzweigungen zeigt. Diese teilen sich weiter, verzweigen sich erneut, und

ergeben so das Netzwerk des prostraten Teils des Protothallus, in der deutschen Literatur auch "horizontales Lager" genannt (BRAND 1895).

Schon nach 10 - 14 Tagen zeigen sich auf der kriechenden Sohle die ersten aufrechten Fäden des Chantransia-Stadiums. Die Zellen dieses aufgerichteten Protothallus sind nicht wie die des kriechenden Protothallus von zarter, länglicher, unregelmäßig gewölbter Gestalt, sondern lassen sich als kräftig, zylindrisch, relativ langgestreckt charakterisieren. Die ersten aufrechten Fäden entstehen an den ältesten Teilen des kriechenden Protothallus. Oft ist es die erste von der Spore gebildete Zelle, die zu einem Chantransia-Faden heranwächst, oft beginnen die zweite oder dritte Zelle mit der Verzweigung. In dem Zeitraum, in dem die einschneidigen Scheitelzellen des horizontalen Lagers Deszendenten abgeben, werden im rückwärtigen Teil aufrechte Chantransia-Fäden angelegt. Dieser Zustand zieht sich über sechs bis acht Wochen hin und führt damit nicht nur zu beträchtlichen Größenunterschieden der einzelnen Chantransien, sondern auch zu einem deutlich feststellbaren Gefälle ihres Differenzierungszustandes. Die primär angelegten Pflänzchen haben sich längst mehrmals verzweigt und sind zur Bildung von Monosporen übergegangen, wenn die jüngsten entstehen. Die Verzweigung der Chantransien erfolgt interkalar am apikalen Pol der jeweiligen Zelle. Monosporen werden an kurzen, reich verzweigten Ästchen gebildet. Sie dienen der ungeschlechtlichen Vermehrung der Alge. Gekeimte Monosporen sind nicht von gekeimten Karposporen zu unterscheiden. Sie wachsen ebenfalls zu einem kriechenden Protothallus aus, der zum gegebenen Zeitpunkt Chan-

transia-Fäden abgliedert.

Die Chantransien beiderlei Ursprungs sind gleichermaßen zur Metamorphose des Gametophyten befähigt. Dieser Vorgang tritt etwa 10 - 12 Wochen nach der Keimung der Spore ein. Er ist in seinem Verlauf in Abb. 2 dargestellt. Fig. A zeigt die subapikale Teilung des Chantransia-Fadens, der auf den Beginn einer Metamorphose hindeutet. Die bei dieser Teilung entstehende seitliche Zelle teilt sich erneut und wächst zu einem Zellfaden heran bevor die ursprüngliche Scheitelzelle - Gametophytenmutterzelle I genannt - weitere Teilungsaktivitäten zu erkennen gibt (Fig. B). Schließlich gliedert sie transversal eine sogenannte Nebenzelle ab und bildet, nach einer Richtungsänderung der Teilungsspindel um etwa 45° , die Gametophytenmutterzelle II (Fig. D und E). Eine weitere Teilung kann in der Nebenzelle auftreten, so daß Nebenzelle a und b entstehen (Fig. F). Die hauptsächliche Teilungsaktivität weist die Gametophytenmutterzelle II auf, deren Deszendenten die Hauptachse (Primärkladom) des jungen Gametophyten bilden (Fig. G+H). Diese Zentralfadenzellen gliedern an ihrem apikalen Pol Coxalzellen ab, die wiederum zu den sogenannten Pleuridien auswachsen. Die oben beschriebenen Nebenzellen sind an einem heranwachsenen Gametophyten nur noch als kleine seitliche Auswüchse zu erkennen. Den Coxalzellen kommt eine besondere Bedeutung zu. Sie lassen sowohl sekundäre Achsen (sekundäre Kladome) als auch die Berindungszellen aus sich hervorgehen.

D. Material und Methode II

I. Bestimmung des DNS-Gehaltes der Zellkerne des Gametophyten und der Chantransia-Fäden.

Die geringe Kerngröße sowohl des Gametophyten als auch der Chantransia-Fäden ließen keine Chromosomenzählung zu. Es bot sich daher zur Bestimmung des DNS-Gehaltes der verschiedenen Stadien die indirekte Methode der Cytophotometrie an, bei der die Absorption gefärbter Zellkerne gemessen wird.

a. Kernfärbung

Will man eine Kernfärbung quantitativ auswerten und damit Aussagen über den DNS-Gehalt machen, so muß ein stöchiometrisches Verhältnis zwischen Farbstoff und DNS gegeben sein. Diese Forderung erfüllt die Feulgen-Färbung (FEULGEN und ROSSEN-BECK, 1924, SRINIVASCHER und PATAU, 1959). Die in der Literatur bei *Batrachospermum* schon öfter angewandte Färbung (WESTBROOK, 1930, YAMAHA und SUEMATSO, 1938) kann jedoch erst in Verbindung mit der Cytophotometrie zur Aufklärung des Kernphasenwechsels bei *Batrachospermum* herangezogen werden.

Die Technik der Kernfärbung verläuft folgendermaßen. Nach 15-minütiger Fixierung der Alge in einem Formol-Eisessig-Aethanol-Gemisch (WESTBROOK, 1935) wird diese gewässert und auf einem Objektträger ausgebreitet. Damit die Alge einschichtig vorliegt, quetscht man sie zwischen Deckglas und Objektträger. Das Deckglas wird anschließend mit Hilfe der Trockeneismethode (LONGER und FAIRSCHILD 1953) wieder entfernt. Um die Zellen während der Hydrolyse und der Färbung in ihrer durch das Quetschen eingenommenen

Lage zu erhalten, taucht man den Objektträger nach erneuter Entwässerung der Alge in absolutem Aethanol in ein Aethanol-Aether-Collodium-Gemisch. Der Collodium-Film, der nach kurzem Trocknen an der Luft den Objektträger überzieht, verhindert eine Lageveränderung der Alge, beeinträchtigt die Färbung jedoch in keiner Weise. Das Objekt wird über verschiedene Alkoholstufen in destilliertes Wasser überführt, nun einer 12-minütigen Hydrolyse in 1 n HCl bei 60° unterzogen und danach für 90 min in Schiff'sches Reagenz nach GRAUMANN (GERLACH, 1969) übertragen. An die Färbung schließt sich die übliche Nachbehandlung mit SO₂-Wasser, Leitungswasser und auch aqua dest. an. Nach Entwässerung über die Alkoholreihe läßt sich der Collodium-Film in einem Aethanol-Aether-Gemisch entfernen, und das Präparat kann über Xylol in Entellan (Merck) eingeschlossen werden.

b. Cytophotometrie des gefärbten Zellkerns

Diese Methode, von CASPERSSON (1936, 1950) entwickelt, von DAVIES und WALKER (1953) verfeinert, macht sich die Absorption des Fäulgen gefärbten Zellkerns bei einer bestimmten Wellenlänge zunutze. Das Prinzip dieser Methode unterscheidet sich nicht von dem der Spektralphotometrie (SANDRITTER 1965, 1966). Die Messungen wurden durchgeführt am UMSP I der Firma CARL ZEISS. Die erhaltenen relativen Meßwerte verstehen sich als Gesamtextinktion eines Zellkerns, die in Arbeitseinheiten (AE, arbitrary units) angegeben werden. Eine genaue Beschreibung des Gerätes findet sich bei TRAPP (1966). Über Einzelheiten dieser Meßmethode geben Aufschluß die Arbeiten von NAORA (1958), SANDRITTER (1965, 1966) und HALE (1966).

Ein Punkt hinsichtlich der Reproduzierbarkeit der Meßwerte soll hier noch behandelt werden. Wie schon gesagt, wird nicht die DNS-Menge absolut gemessen, sondern man erhält Relativwerte. Hinzu kommt, daß die DNS angefärbt werden muß. Um auszuschließen, daß die Variationsbreite der Werte eventuell auf Unterschieden in der Farbintensität des Objekts beruhen, ist zu fordern, daß bei größeren Serien die Färbung unter streng definierten Bedingungen durchgeführt wird. In den hier zu beschreibenden Fällen wurden haploide und diploide Stadien, deren DNS-Gehalte miteinander verglichen werden sollten, gemeinsam in einem Arbeitsgang gefärbt.

c. Auswertung der Meßwerte

Die cytophotometrisch erhaltenen Meßwerte wurden in Histogrammen zusammengestellt und statistisch ausgewertet. Als Grundlage dienten die von CAVALLI-SFORZA in seiner "Biometrie" (1969) aufgeführten Beispiele und Tabellen.

II. Ergebnisse der cytophotometrischen DNS-Messungen.

Wie schon in einer früheren Publikation (HURDELBREINCK und SCHWANTES, 1972) detailliert beschrieben, und in Abb. 3 noch einmal dargestellt, müssen bei einem Histogramm haploider und diploider, sich nicht synchron teilender Zellen zwei sich überschneidende Kurven auftreten. Der Grund liegt darin, daß sich in der G_2 -Phase fixierte haploide Zellen und in der G_1 -Phase fixierte diploide Zellen im DNS-Gehalt entsprechen. Die Mittelwerte sollten etwa um einen Faktor 2 variieren und statistisch sollte der Nachweis geführt werden, daß sie sich signifikant unterscheiden. Aus der theo-

retischen Überlegung heraus wird die Statistik jedoch dann versagen, wenn bewußt viele diploide Zellen in der G_2 -Phase gemessen werden. Der F-Test ist unter diesen Umständen nicht mehr positiv durchführbar, da die Variationsbreite im DNS-Gehalt der diploiden Zellen (V_{2n}) doppelt so groß ist, wie die der haploiden (V_n).

Wenn nun aus der Zahl der Meßreihen drei exemplarisch hier vorgestellt werden sollen, so ergibt sich für den Kernphasenwechsel von *Batrachospermum* folgendes Bild. Abb. 4 zeigt ein Histogramm von *Batrachospermum moniliforme*. Es entspricht exakt den oben aufgestellten Forderungen. Die Mittelwerte der haploiden ($9,3 \pm 1,47$ AE) und diploiden ($16,7 \pm 1,29$ AE) Zellen unterscheiden sich etwa um den Faktor zwei. Die Überschneidungen im mittleren Bereich des Histogramms deuten auf haploide G_2 -Zellen hin. Statistisch läßt sich mit 1 %-iger Irrtumswahrscheinlichkeit nachweisen, daß sich die Mittelwerte signifikant unterscheiden und nicht zu einer zweigipfligen Kurve gehören. Dieses Histogramm bestätigt überzeugend das Ergebnis früherer Messungen (HURDELBINK und SCHWANTES, 1972). Das *Chantransia*-Stadium ist diploid.

Dieses Ergebnis wirft natürlich sofort die Frage nach dem Ort der Meiose auf, der nicht, wie lange Zeit angenommen, mit der ersten Teilung der Zygote identisch ist. Die Kulturen, in diesem Fall von *Batrachospermum ectocarpum*, die der Abb. 5 zugrunde liegen, wurden angesetzt zur Lösung dieses Problems. Es wurden Gametophyten verschiedener Altersstufen mit den dazugehörigen *Chantransia*-tragästen gefärbt und gemessen. Unglücklicherweise ergab sich eine nicht zu umgehende Schwierigkeit. Junge, teilungsaktive Gametophyten (Abb. 2, Fig. H) besitzen extrem kleine Zellen.

Ohne Vakuole, mit Zellinhalt prall gefüllt, lassen sie den Kern, auch wenn er gefärbt ist, nicht oder so schwach erkennen, daß eine cytophotometrische Messung unmöglich wird. Es mußte daher auf eine direkte Messung der Übergangszone verzichtet werden. Statt dessen wurde der DNS-Gehalt älterer Gametophyten gemessen, deren Zellen sich schon gestreckt hatten. Daß dennoch sehr viele S- und G_2 -Zellen auftraten, wird im Histogramm deutlich. Die Mittelwerte $9,7 \pm 3,1$ AE (haploid) und $16,7 \pm 2,8$ AE (diploid) entsprechen unseren Erwartungen. Die statistische Berechnung zeigt, daß sie signifikant voneinander abweichen. Auffällig, jedoch bedingt durch die hohe Zahl haploider S- und G_2 -Zellen, ist die starke Überschneidung der Kurven.

Ein drittes Histogramm stellt in Abb. 6 Messungen von Freilandmaterial der Art *Batrachospermum ectocarpum* dar. Hier wurden im diploiden Stadium vorzugsweise Zellen der S- und G_2 -Phase gemessen. Das findet seinen Niederschlag darin, daß sich die Kurve relativ breit auseinander zieht und damit einen zu hohen Mittelwert aufweist. Der Mittelwert des haploiden Materials beträgt $8,5 \pm 2,7$ AE, der des diploiden Materials $21,1 \pm 3,5$ AE. Im übrigen umfaßt das Histogramm dieselbe Information wie die vom Kulturmaterial erhaltenen Ergebnisse. Die Bearbeitung von Standortmaterial ist sehr wichtig, da sie für diesen untersuchten Fall die Befürchtung einiger Forscher ausräumt, daß die im Kulturexperiment gewonnenen Ergebnisse nicht ohne weiteres der Entwicklung unter natürlichen Verhältnissen entsprechen (RAVANKO, 1970, van den HOEK et al. 1972).

III. Diskussion der Ergebnisse

Nachdem auf den vorigen Seiten klar gezeigt werden konnte, daß *Batrachospermum* einen heterophasischen Generationswechsel aufweist, soll in der Diskussion auf zwei Punkte eingegangen werden.

1. Lassen sich aus den vorliegenden Daten Rückschlüsse auf den Ort der Meiose ziehen?
2. Darf man das Chantransia-Stadium als Tetrasporophyten ansprechen?

Um Punkt eins zu klären, müssen morphologische Vorgänge bei der Bildung des Gametophyten gemeinsam mit den Ergebnissen der cytophotometrischen Messungen betrachtet werden. Alle Messungen, speziell die im Histogramm 2 dargestellten, ergaben ein dem haploiden Gametophyten gegenüberzustellendes diploides Chantransia-Stadium. Betrachtet man nun die Morphologie der Pflanze, so stellt man fest, daß der haploide Gametophyt direkt auf der diploiden Chantransia entsteht. Bei der Metamorphose muß also die Meiose ablaufen. Als Endprodukt der Entwicklung findet der Beobachter den jungen Gametophyten, an dessen Fuß die in Abb. 1 dargestellten Nebenzellen noch eine gewisse Zeit sichtbar, jedoch für das weitere Gametophytenwachstum unbedeutend sind. In diesem Zusammenhang soll auf den durch Chromosomenzählung bis in alle Einzelheiten geklärten Ablauf der Meiose bei *Lemanea* (einer mit *Batrachospermum* in die gleiche Ordnung gestellte Süßwasserrotalge) verwiesen werden. MAGNE (1967) zeigt in Fig. 1 seiner Publikation, daß die Meiose ohne Freisetzung von Meiosporen abläuft. Er vergleicht die später seitlich am Kladom liegenden Zellen mit den Polkörpern, die bei der Reife der tierischen Oozyten entstehen. Vom mor-

phologischen Standpunkt ähneln sich die Bilder der Metamorphose bei Lemanea und Batrachospermum sehr. Die cytophotometrischen Messungen zeigen, daß nur hier die Meiose ablaufen kann. Ich halte es daher für gerechtfertigt, die in Abb. 2 aufgeführten Zellteilungen folgendermaßen zu deuten. Fig. A und B zeigen die Scheitelzelle in der meiotischen Prophase. Diese Annahme wird unterstützt durch die Tatsache, daß die Gametophytenmutterzelle I mehrere Tage im Zustand der äußerlichen Inaktivität verbleibt, während der Chantransia-Tragast sich mehrmals teilt und alle späteren Teilungen des Gametophyten sehr rasch verlaufen. In Fig. C ist nach Ablauf der ersten Reifeteilung eine Nebenzelle abgegliedert worden, die sich zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal teilt. Diese zweite Teilung ist nicht obligatorisch. Man findet junge Gametophyten mit nur einer Nebenzelle. Die Gametophytenmutterzelle I macht unabhängig von der Teilung der Nebenzelle die zweite Reifeteilung durch (Fig. D, E, F). Es entsteht als einzige weiter teilungsaktive haploide Zelle die Gametophytenmutterzelle II, die das Primärkladom aus sich hervorgehen läßt.

Nun zum zweiten Punkt der Diskussion. Kann man das Chantransia-Stadium als Tetrasporophyten bezeichnen, repräsentiert es eine eigenständige Generation? Unter dem Begriff "Generation" hat man nach der Definition von RENNER (1916), HYGEN (1945) und FELDMANN (1972) einen Abschnitt des Entwicklungszyklus zu verstehen, der sich durch vegetatives Wachstum auszeichnet, und an dessen Beginn und Ende verschiedene Keimzellformen stehen. Im strengen Sinne dieser Definition kann das Chantransia-Stadium die Bezeichnung Generation nicht erhalten, da es zwar von

einer Karpospore ausgeht, auch ein deutliches vegetatives Wachstum zeigt, den Gametophyten jedoch direkt aus sich hervorgehen läßt, ohne Zwischenschaltung freier Sporen. Damit behält es seine alte Stellung bei, nämlich die anfängliche Entwicklungsphase des Gametophyten zu sein. Zwei Dinge wirken jedoch störend in dieser Betrachtungsweise. *Batrachospermum* wäre demnach eine Rotalge, deren Karposporen den Gametophyten direkt aus sich hervorgehen lassen. Der Tetrasporophyt wird völlig reduziert. Außerdem vereinigt die gametophytische Generation zwei Kernphasen in sich. Bei dieser Interpretation der Verhältnisse würde das Chromosomenmaterial durch eine sogenannte Somatomeiose (FELDMANN, 1972) reduziert.

Für den Fall, daß man die Auffassung vertritt, daß sich Kernphasen- und Generationswechsel überlagern, daß also Sporophyten diploid und Gametophyten haploid sind, kann man das Chantrelle-Stadium nur als Tetrasporophyten ansehen, der die Fähigkeit zur freien Sporenbildung verloren hat. OSTERHOUT (1896) und TOKIDA et. a. (1965) haben an den Algen *Agardhiella tenera* und *Pachymeniopsis yendoi* gezeigt, daß der Gametophyt parasitisch dem Tetrasporophyten aufsitzen kann. Eine ähnliche Beobachtung machte CABIOCH (unveröffentlicht) bei *Gracilaria verrucosa*. Hier gibt es normal entwickelte, selbständige Gametophyten neben solchen, die bis auf ihre Reproduktionsorgane reduziert, parasitisch auf dem Tetrasporophyten leben. Unter diesen Umständen ist es nicht zu abwegig, auch bei *Batrachospermum* eine ähnliche phylogenetische Entwicklung anzunehmen. Von der Reduktion wurde in diesem Fall der Tetrasporophyt betroffen.

Noch ein dritter Punkt spricht bei *Batrachospermum* für die Behandlung des Chantransia-Stadiums als eigene Generation, die unterschiedliche morphologische Gestalt der diploiden und haploiden Phase. Mit dem Eintreten der Meiose beginnt ein völlig anderer Teilungsrhythmus. Das Teilungsmuster des Gametophyten unterscheidet sich grundlegend von dem der diploiden Phase.

Zusammenfassend kann demnach gesagt werden, daß bei *Batrachospermum* ein heterophasischer, heteromorpher Generationswechsel vorliegt, in dem drei Generationen aufeinander folgen, die jedoch alle drei einander aufsitzen.

E. Einfluß der spektralen Lichtzusammensetzung
auf Wachstum und Pigmentgehalt der Alge

I. Wachstum der Alge

a. Keimung

Unter den weiter oben unter Methodik I beschriebenen Bedingungen wurden Keim- und Wachstumsversuche mit Karpc- und Monosporen durchgeführt, deren Entwicklung, wie schon bei der Beschreibung des morphologischen Aufbaus erwähnt, gleich verläuft. Abb. 7 zeigt den zeitlichen Verlauf der Keimung. In dieser Graphik sind verschiedene Parallelversuche zusammengefaßt. Die Keimung wurde im Langtag (Lt, 16 Stunden Licht von 4000 erg/cm²/sec), im Dauerdunkel (DD), im roten Licht (R, 660 nm, 24 Stunden Licht von 1200 erg/cm²/sec), im grünen Licht (G, 545 nm, 24 Stunden Licht von 1200 erg/cm²/sec) und im blauen Licht (B, 480 nm, 24 Stunden Licht von 1200 erg/cm²/sec) über einen Zeitraum von acht Tagen beobachtet. Die Keimungsrate wird in % gekeimter Zellen angegeben. Je Probe wurden 1000 Zellen ausgezählt.

Welche Information kann nun dieser Abb. 7 entnommen werden? Mehrere Aussagen lassen sich machen:

1. Die Keimung der Sporen erfolgt unter allen oben angegebenen Versuchsbedingungen.
2. Die Spore keimt unter günstigen Bedingungen wenige Stunden nach Verlassen des Sporangiums.
3. Günstige Bedingungen für die Keimung sind Schwachlicht, bzw. Dauerdunkel. Verschiedene Lichtqualitäten scheinen keinen Einfluß auf die Keimung zu haben.
4. Ein entscheidender Faktor liegt in der Quantität. Hohe Lichtintensitäten, die den Spo-

ren sowohl im Langtag als auch im Kurztag geboten wurden, üben eine hemmende Wirkung aus. Diese betrifft nicht nur den Beginn der Keimung, der etwa um 24 Stunden verzögert wird, sondern auch die Anzahl der gekeimten Sporen, die sich auf etwa 35 % reduziert. Im Schwachlicht, bzw. im Dauerdunkel sind bereits über 50 % der Sporen gekeimt, bevor ein Beginn im Starklicht zu verzeichnen ist.

Betrachtet man die Kurztags-Kurve und vergleicht die Lichtmenge, die die Sporen pro Tag in dieser Versuchsanordnung erhalten, mit derjenigen in den Spektralfeldern, so sind keine wesentlichen Unterschiede festzustellen. Dennoch ist der Keimungsvorgang verzögert und der Prozentsatz gekeimter Sporen herabgesetzt. Die hohe Lichtintensität, welcher die Sporen während der acht Stunden am Tag ausgesetzt sind, reicht anscheinend aus, die Entwicklung zu verzögern oder zu unterdrücken. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß nicht einzelne Spektralbereiche, sondern die Höhe der Lichtintensität die Sporenkeimung entscheidend beeinflusst. Ähnliche Ergebnisse berichtet LAUR (1966) bei ihren Arbeiten mit *Lemanea*.

b. Wachstum der Keimlinge

Das weitere Wachstum gekeimter Sporen unter dem Einfluß spektralen Lichts soll anhand der Abb. 8 verfolgt und analysiert werden. Die Kontrollpflanzen hatten in dieser Versuchsanordnung das gesamte Lichtspektrum zur Verfügung. Sie wurden im Dauerlicht bei 20° C angezogen. Zunächst läßt sich feststellen, daß die bei unterschiedlichen Lichtbedingungen gewonnenen Wachstumskurven auseinanderlaufen. Im Anschluß an die Keimung ist demnach ein Einfluß auf die weitere Entwicklung

durch unterschiedlich spektrales Licht möglich. Sie äußert sich zunächst im verschiedenen Längenzuwachs der Keimlinge. Im Rotlicht wachsen sie in den ersten Tagen schneller als die Kontrollpflanzen. Im Grün- und Blaulicht dagegen ist ein geringerer Zuwachs festzustellen. Nach 18 Tagen etwa verändert sich die Wachstumsrate. Die Kontroll- und Blaulicht-Pflanzen werden davon kaum berührt. Das Wachstum der Keimlinge verlangsamt sich im Hellrot merklich, wogegen Grünlicht zu diesem Zeitpunkt fördernd wirkt. Über einen längeren Zeitraum ließen sich die Längenmessungen, die dieser Darstellung zugrunde liegen, wegen der starken Verzweigung der Alge nicht durchführen. Um die Information, die diese Kurven hinsichtlich des Einflusses spektralen Lichts auf die Wachstumsrate der Alge vermitteln zahlenmäßig auszudrücken, wird in Tabelle II der relative Längenzuwachs jeweils für einen Zeitraum von 5 Tagen zusammengestellt. Dieser Wert errechnet sich aus der Beziehung der absoluten Längenzunahme innerhalb der 5 Tage zur Gesamtlänge der Versuchspflanzen bei Versuchsende. Aus den erhaltenden relativen Werten lassen sich die unterschiedlichen Zuwachsraten deutlich ablesen. Die Tabelle differenziert die bei der Interpretation der Kurven gemachten Aussagen. Im weißen Licht ist zunächst eine steigende Zuwachsrate zu verzeichnen, die jedoch bei Versuchsende abnimmt. Im roten Licht zeigt sich nach den ersten drei Wochen ebenfalls ein signifikanter Rückgang des Längenwachstums. Die Wachstumsrate im grünen Licht hat, obwohl die absolute Größe dieser Pflanzen die Länge der Rot- und Weißlichtalgen nicht erreicht, eine steigende Tendenz. Es darf angenommen werden, daß ab ca. 15. Tag die Zuwachsrate im Weiß- und Grünlicht auch fernerhin die

Lichtqualität	5. - 10. Tag	10. - 15. Tag	15. - 20. Tag	20. - 25. Tag
Weiß	0,11	0,16	0,30	0,23
Rot	0,17	0,23	0,25	0,05
Grün	0,11	0,09	0,25	0,28
Blau	0,04	0,04	0,04	0,04

Tab. II Relativer Längenzuwachs der Versuchspflanzen in einem Zeitraum
von jeweils 5 Tagen $\frac{\text{Wachstum in 5 Tagen}}{\text{Gesamtlänge}}$
in Abhängigkeit von unterschiedlichen Lichtqualitäten.

gleiche Größenordnung aufweist. Bei den Blaulicht-Algen fällt das äußerst geringe, jedoch gleichmäßige Längenwachstum auf.

Besonderes Interesse verdienen die jeweils letzten Werte der Grün- und Weißlichtalgen. Zu diesem Zeitpunkt der Entwicklung weisen die Pflanzen eine übereinstimmende Wachstumsrate auf. Die Pflanzen haben demnach in diesem Bereich des Spektrums optimale Lebensbedingungen. Diese Feststellung wird durch die Beobachtung während der weiteren Kultur unterstrichen, daß Chantransien unter Grünlichtbedingungen Gametophyten bilden, während Metamorphosen unter Rotlicht- und Blaulichtbedingungen nicht auftreten.

Diese Befunde decken sich insofern mit den Ergebnissen von HARDER und BEDERCKE (1957), daß der grüne Spektralbereich der einzige ist, in dem Batrachospermum ein dem vollen Lichtspektrum entsprechendes Wachstum zeigt. Allerdings war eine extreme Förderung wie bei Porphyridium nicht nachweisbar. Im blauen und roten Licht zeigt Batrachospermum wie Porphyridium eine Wachstumshemmung. Die Unterschiede beider Algen in ihrer Reaktion auf angebotenes Grünlicht mag einmal durch ungleiche Lebensbedingungen am natürlichen Standort (Porphyridium - feuchte, schattige Mauern) zum anderen durch Unterschiede in der Pigmentzusammensetzung bedingt sein. Nach BRODY und EMERSON (1959) liegt das Phycocerythrin-Chlorophyll-Verhältnis bei Porphyridium außer bei extrem niedrigen Lichtintensitäten immer über eins.

Im Anschluß an den nächsten Abschnitt, in dem die Pigmentausrüstung der in unterschiedlichen Spektralbereichen gewachsenen Chantransien untersucht wird, soll das obige Ergebnis ausführlich diskutiert werden.

II. Mikrospektralphotometrische Bestimmung der Rhodoplastenabsorption lebender Chlorella-Zellen

Makroskopisch kann man charakteristische Unterschiede im Erscheinungsbild der unter verschiedenen Lichtbedingungen kultivierten Algen erkennen. Die Pflanzen im Blaulicht präsentieren sich deutlich violett, während sie in den übrigen Kulturen einen grüngrauen Farbton aufweisen. Diese Beobachtung, die einen Hinweis auf eine mögliche chromatische Adaption liefert, gab den Anstoß zur Untersuchung des Phycobilin-Chlorophyll-Verhältnisses unter verschiedenen Lichtverhältnissen.

a. Mikrospektralphotometrie von Einzelzellen

Da für die Extraktion von Farbstoffen unter den oben beschriebenen Kulturbedingungen nicht genügend Material herangezogen werden konnte, bot sich die mikrospektralphotometrische Methode zur Aufnahme von Absorptionsspektren einzelner Rhodoplasten an. Die Spektren dienten als Grundlage für Aussagen über den Pigmentgehalt von Einzelzellen. Trotz einer lokalen Ungenauigkeit (λ 650 - 700 nm) bei der Anwendung dieser Methode hinsichtlich der spektralen Auflösung von Pigmentkomplexen, auf die später eingegangen werden soll, wurden Absorptionsspektren von Chloroplasten einzelner Zellen bereits publiziert (TATAKE et. al., 1966). Bei Batrachospermum fand diese Methode noch keine Anwendung. Die relative Höhe der einzelnen Kurven gibt die relative Menge der Farbstoffe an.

Für die oben erläuterte Zielsetzung ist es wichtig, ob mit dieser Methode Unterschiede im Phycobilin-Chlorophyll-Verhältnis nachgewiesen

Werden können. Die Absorptionskurve müßte deutlich Maxima für Chlorophyll a (440 und 680 nm) aufweisen. Die Absorption bei 680 nm fällt in den Bereich der Ungenauigkeit. Gesicherte Mengenangaben über den Gehalt an Chlorophyll a lassen sich jedoch über das Absorptionsmaximum bei 440 nm machen. Für Phycoerythrin sollten die Maxima bei (495 und 565 nm) und für Phycocyan bei (620 nm) liegen (HALLDALL, 1958, HIROSE und KUMANO, 1966). Nach THOMAS (1968) ist weniger die Lage der Maxima als die Form der Spektren entscheidend, da bei unterschiedlichen Meßmethoden (z. B. Extraktionen) häufig eine geringfügige Verschiebung der Maxima auftritt, ein Problem, das bei der hier angewandten Methode keine Rolle spielt. Wenn die Alge zur chromatischen Adaption befähigt ist, sollten sich unter unterschiedlichen Kulturbedingungen variierende Pigmentmengen in der Höhe der Absorptionsmaxima ausdrücken.

Analog zum makroskopischen Photometer lassen sich sowohl Transmission als auch Extinktion im mikroskopischen Bereich messen. Es ist möglich, die Meßblende über bestimmten Bereichen der Zelle (Plastid oder plastidenfreie Stelle) zu fokussieren (Abb. 9). Bei der Messung der Absorptionsspektren wird im Gegensatz zur Substanzbestimmung die Wellenlänge über einem fest eingestellten Meßpunkt verändert. Infolge der spektralen Verteilung der Lampe treten Schwankungen in der Intensität (I_0) im Vergleichsstrahl auf. Diese werden jedoch über eine automatische Spaltsteuerung am Monochromator konstant gehalten. Bei den vorliegenden Messungen wurde die Wellenlänge im Bereich von 700 - 400 nm kontinuierlich durchlaufen und die Änderungen der Transmission mit Hilfe eines Analogschreibers

aufgezeichnet (Abb. 9). Für die Darstellung der Abb. 10 wurden über die Beziehung

$$1 \% = \frac{I_0 - I}{I_0} \cdot 100 \quad \text{die Absorptionsspektren}$$

angegeben. Wie aus dem Spektrum von *Chlorella pyrenoidosa* ersichtlich, ist das Maximum von Chlorophyll a, wie bereits oben angedeutet, bei 680 nm nicht sehr ausgeprägt. Diese Tatsache resultiert aus der Anordnung von Quarzmonochromator, Lampe, Spaltsteuerung und Analogschreiber am UMSP I. Die Dispersionskurve des Quarzmonochromators läßt zwischen 700 und 650 nm keine sehr feine Unterteilung der Wellenlänge zu (Abb. 9). Daher ist die Bandbreite des Monochromators relativ groß. Da außerdem die Ansprechzeit des Analogschreibers selbst bei kleinstem Wellenlängenvorschub verzögert ist, resultiert daraus im roten Spektralbereich ein Verlust der Auflösung. Einfacher gesagt, der Maximalausschlag kann, da über die oben erwähnte Steuerung der Spalt am Monochromator bereits wieder verkleinert wird, nicht erreicht werden. Dadurch wird sowohl ein relativ breites als auch ein gegenüber Literaturangaben niedrigeres Maximum bei der Wellenlänge 680 nm angegeben. Außerdem kann nicht ganz ausgeschlossen werden, daß bei Vorliegen eines Pigmentkomplexes durch Summation oder Überdeckung der einzelnen Komponenten die Auflösung beeinträchtigt wird (TATAKE et.al., 1966).

Für die hier zu bearbeitende Fragestellung ist die gerade beschriebene Unzulänglichkeit des Gerätes nicht von Bedeutung. Es soll jedoch mit besonderem Nachdruck auf den unübersehbaren Vorteil dieser Meßmethode hingewiesen werden, der darin liegt, daß nur kleinste Mengen Algenmaterial benötigt und die Messungen an lebende, funktions-

tüchtigen Zellen ausgeführt werden.

b. Absorptionsspektrum von Chantransien aus dem Freiland

Die Absorptionskurve von Freilandmaterial soll den übrigen Spektren als Standard vorausgeschickt werden. In Abb. 10 zeigt sie die im vorhergehenden bei 440, 490 und 565 und 620 nm geforderten Maxima. Interessant ist nun deren relative Höhe. Das Chlorophyll a hat bei weitem das Übergewicht. Dieses Ergebnis war zu erwarten, wenn man die äußerlich sichtbare grau-grüne Farbe der Alge als Indiz für die Überdeckung der Phycobiline durch das Chlorophyll a ansieht.

c. Absorptionsspektren von Chantransien nach Kultur in Lichtfeldern unterschiedlicher spektraler Zusammensetzung

Betrachten wir zunächst das Spektrum der im Rotlicht gewachsenen Algen (Kulturdauer in den Lichtfeldern ca. 2 Monate), so fällt wiederum die hervorragende Stellung des Chlorophyll a auf. Das Verhältnis der Farbstoffe zueinander ist noch mehr als unter Freilandbedingungen in Richtung des Chlorophyll a verlagert. Das Spektrum der Grünlicht-Algen weist im ganzen niedrigere Maxima auf, jedoch entspricht die Pigmentzusammensetzung trotz erstaunlich hohen Chlorophyll a - Gehaltes der Freiland-Algen. Zu den bisher besprochenen Spektren steht das der Blaulicht-Algen in krassem Gegensatz. Hier treten die Phycobiline, hauptsächlich jedoch das Phycoerythrin, deutlich in den Vordergrund. Der Verschiebung der Pigmentverhältnisse zugunsten der Phycobiline entspricht die violette Färbung der Alge.

III. Diskussion der Ergebnisse

Nach der in der einschlägigen Literatur (RABINOWITCH, 1945, BLINKS, 1954, BRODY et. al., 1962, ÓHEOCHA, 1962, THOMAS, 1968) vertretenen Meinung sind die Phycobiline als accessorische Pigmente anzusehen, die Licht einer bestimmten Wellenlänge absorbieren, seine Energie durch Fluoreszenz oder direkten Elektronentransfer an das Chlorophyll a weiterleiten und damit die Verwertung eines Teils des Spektrums erlauben, den das Chlorophyll allein schlecht ausnutzen kann. Diese Fähigkeit ist sicherlich wertvoll für Algen, die in größeren Tiefen leben und damit nur einen begrenzten Teil des Spektrums photosynthetisch nutzen können. Welchen Vorteil bringt das doppelte Pigmentsystem nun für *Batrachospermum*, eine Alge, die dicht unter der Wasseroberfläche lebt. Wie schon in der Einleitung beschrieben, wächst die Alge bevorzugt an schattigen Standorten. Es ist bekannt, daß das Laub der Bäume eine gewisse Filterwirkung ausübt. Nur etwa 10 % des auffallenden Lichtes passiert die Blätter als Transmissions- oder Grünschattenlicht, da vom Chlorophyll a der rote Spektralbereich des Tageslichts weitgehend absorbiert wird. SEYBOLD (1934) stellte fest, daß in einem Laubwald mit dichtem Blätterdach das Absorptionsmaximum des Schattenlichtes bei 560 nm liegt. Nun sind die *Batrachospermum*-Standorte, an denen das diesen Untersuchungen zugrunde liegende Material entnommen wurde, nicht vollständig vom Einfall direkten Sonnenlichtes abgeschirmt. Die Filterwirkung der vorhandenen Bäume darf jedoch nicht außer acht gelassen werden. Der Alge steht im allgemeinen am natürlichen Standort ein Licht zur Verfügung, das eine rote Komponente enthält, jedoch hauptsächlich durch den grünen Bereich

repräsentiert wird. Von diesen Gegebenheiten her gesehen, ist die Alge mit ihren zwei Pigmentsystemen sehr gut in ihre Umgebung eingepaßt, namentlich wenn man bedenkt, daß Messungen von Aktionsspektren bei den anderen Rotalgen, eine hohe photosynthetische Aktivität der Phycobiline nachgewiesen haben (YOCUM, 1951, DUYSSENS, 1952).

Bei Betrachtung der Tabelle III fällt die Ähnlichkeit der Pigmentverhältnisse zwischen Grünlicht- und Freiland-Algen auf. Im roten Teil des Spektrums ist das Phycoerythrin-Chlorophyll-verhältnis zugunsten des Chlorophyll a verschoben, im blauen Teil des Spektrums dominiert das Phycoerythrin. Aus dem Verlauf der Wachstumskurve konnte entnommen werden, daß sowohl Blaulicht als auch in geringerem Maße Rotlicht hemmend wirkt. Ein ausgewogenes Pigmentverhältnis scheint entscheidend für eine normale Entwicklung zu sein, da anderenfalls eine negative photosynthetische Bilanz und damit eine verminderte Wachstumsrate resultiert.

Bei vorsichtiger Interpretation dieser Ergebnisse treffen die von BLINKS (1954) berichteten Befunde über eine Inaktivierung des Chlorophyll a durch Phycobiline auch für Batrachospermum zu, da eine Erhöhung des Chlorophyll a-Gehaltes keine Steigerung der Wachstumsrate bewirkt. Die Überprüfung dieser Vermutung durch die Aufstellung eines photosynthetischen Wirkungsspektrums soll, da sie im Rahmen dieser Arbeit aus technischen Gründen nicht durchführbar war, in Kürze in Angriff genommen werden.

Eine gewisse Anpassung an standortfremde Lichtbedingungen kann zwar bei Batrachospermum nachgewiesen werden, jedoch reicht diese nicht für ein normales Wachstum und eine volle Entwick-

Lichtbedingungen	Pigmentgehalt $\lambda_{\max}$		Phycoerythrin $\lambda_{\max}$	
	Chlorophyll a 440 nm	Phycoerythrin 495 + 565 nm	Chlorophyll a $\lambda_{\max}$	Phycoerythrin $\lambda_{\max}$
Freiland	78	59	0,76	
Rot	67	34	0,51	
Grün	49	35	0,71	
Blau	61	70	1,15	

Tabelle III Pigmentgehalt von Freiland- und in unterschiedlichen Lichtbereichen gewachsener Chantransien.

lung aus. Die vorliegenden Ergebnisse lassen sich folglich dahingehend zusammenfassen, daß bei *Batrachospermum* nur bedingt von einer chromatischen Adaption gesprochen werden kann.

F. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit umfaßt zwei Problemkreise:

- A. Untersuchungen zur Entwicklung von Batrachospermum (Roth.)
- B. Untersuchungen über den Kernphasenwechsel

zu A

1. In Kulturversuchen ließ sich die Entwicklung vom Keimen der Karpo- bzw. Monosporen bis zur Metamorphose des "Chantransia-Stadiums" zum Gametophyten beobachten.
2. Die Keimung der Sporen ist beeinflussbar durch die Lichtquantität, jedoch nicht durch die Lichtqualität.
3. Die Keimlinge hingegen zeigen in ihrem weiteren Wachstum eine deutliche Reaktion auf unterschiedliche Lichtqualitäten.
4. Das Phycoerythrin - Chlorophyll - Verhältnis verändert sich bei Kultur der Alge in Lichtfeldern unterschiedlicher spektraler Zusammensetzung.
5. Von einer Fähigkeit der Alge zur chromatischen Adaptation kann jedoch nur bedingt gesprochen werden.

zu B

1. Durch Anwendung einer mikrospektrophotometrischen Meßmethode konnte die Diploidie des "Chantransia-Stadiums" nachgewiesen werden.
2. Der Ort der Meiose liegt in der Übergangszone zwischen Chantransia und Gametophyt.

3. Gemäß ihrer Stellung im Entwicklungszyklus von *Batrachospermum* wird die diploide *Chantransia* als reduzierter Tetrasporophyt interpretiert.

Literaturverzeichnis

- BLINKS, L.R. (1954). The role of accessory pigments in photosynthesis. In "Autotrophic Microorganisms" (B.A. Fry und J.L. Peel, eds), pp 224 - 246. Cambridge Univ. Press, London, New York.
- BOILLOT, A. (1965). Sur l'alternance de générations hétéromorphes d'une Rhodophycée *Halarachnion ligulatum* (Woodward) Kützing (Gigartinales, Furcellariacées). C. R. Acad. Sc. Paris, 261, 4191 - 4193.
- BOILLOT, A. (1968). Sur l'existence d'un tétrasporophyte dans le cycle de *Scinaia furcellata* (Turner) Bivona, Némationales. C. R. Acad. Sc. Paris, 266, 1831 - 1832.
- BOILLOT, A. (1969). Sur le cycle de *Rhodochaete parvula* Thuret. C. R. Acad. Sc. Paris, 269 D, 2205 - 2207.
- BRAND, F. (1895). Über *Batrachospermum*. Bot. Centralbl., 61, 280-284.
- BRODY, M und R. EMERSON (1959). The effect of wavelength and intensity of light on the proportion of pigments in *Porphyridium cruentum*. Am. J. Bot., 46, 433 - 440.
- BRODY, M. und S. St. BRODY (1962). Light reactions in photosynthesis. In R. A. LEWIN: Physiology and Biochemistry of Algae, 3 - 16, New York, London
- CASPERSSON, T. (1936). Über den chemischen Aufbau der Strukturen des Zellkerns. Skand. Arch. Physiol., 73, Suppl. 8, 1 - 51.
- (1950). Cell Growth and Cell Function. Norton, New York.
- CAVALLI-SFORZA, L. (1969). Biometrie, Grundzüge biologisch-medizinischer Statistik. Stuttgart, 1969.

- CHADEFAUD, M. (1952). Sur le cycle sexuel des organismes eucaryotes et son évolution. Rev. scient., Paris, 90, 49 - 57
- (1954). Sur la morphologie de quelques Cérarniacées. Rev. alg., série 2, 1, 71 - 87.
- (1960). Traité de Botanique, T. I: Les végétaux non vasculaires. Masson, éd., Paris.
- (1968). La morphologie des végétaux inférieurs; données fondamentales et problèmes. Bull. Soc. bot. France, Mémoires, 115, 5 - 41.
- CODOMIER, L. (1969). Sur l'alternance de générations hétéromorphes de *Neurocaulon grandifolium* Rodriguez (Rhodophycée, Gigartinales). C. R. Acad. Sc. Paris, 269 D, 1060 - 1062.
- DAVIES, H.G. und P.M.B. WALKER (1953). Microspectrophotometry of living and fixed cells. Progr. Biophys. Chem., 3, 195 - 236.
- DIXON, P.S. und W.N. RICHARDSON (1969). The life history of *Thuretellopsis peggiana* Kylin. British phycol. J., 4, 87 - 89.
- DREW, K. M. (1949). Conchocelis-phase in the life history of *Porphyra umbilicalis* (L.) Kützting. Nature, 164, 748.
- DUYSENS, L.N.M. (1952) Transfer of excitation energy in photosynthesis (Dissertation) Utrecht: Kemink. zitiert nach Blinks, 1954, s.o.
- EDELSTEIN, T. (1970). The life history of *Gloiosiphonia capillaris* (Hudson) Carmichael. Phycologia, 9, 55 - 60.
- FELDMANN, J. (1972). Les problèmes actuels de l'alternance de générations chez les Algues. Soc. bot. Fr., Mémoires 1972, 5 -38.

- FELDMANN, J. und G. (1942). Recherches sur les Bonnemaisoniacées et leur alternance de Générations. *Ann. Sci. nat. Bot.*, 11, 75 - 175.
- FEULGEN, R. und H. ROSSENBECK (1924). Mikroskopisch-chemischer Nachweis einer Nukleinsäure vom Typus der Thymus-Nukleinsäure und die darauf beruhende elektive Färbung von Zellkernen im mikroskopischen Präparat. *Z. physiol. Chem.*, 135, 203 - 248.
- FRIES, L. (1967). The sporophyte of *Nemalion multifidum* (Weber and Mohr) J. Ag. *Svensk bot. Tidskr.*, 61, 457 - 462.
- GEITLER, L. (1937). Die Keimung der Karposporen von *Batrachospermum*. *Planta*, 26, 1 - 5.
- GERLACH, D. (1969). Botanische Mikrotechnik. Stuttgart.
- GIRAUD, A. und F. MAGNE (1968). La place de la méiose dans le cycle de développement de *Porphyra umbilicalis*. *C. R. Sc. Paris*, 267 D, 586 - 588.
- HALE, A. J. (1966). Feulgen Microspectrophotometry and its Coordination with other cytochemical Methods. In G.L. Wied: Introduction to quantitative Cytochemistry, New York, London
- HALLDALL, P. (1958). Pigment Formation and Growth in Blue-Green Algae in crossed Gradients of Light Intensity and Temperature. *Physiol. Plant.*, 11, 401 - 420.
- HARDER, R. (1923). Über die Bedeutung von Lichtintensität und Wellenlänge für die Assimilation farbiger Algen. *Z. Bot.*, 15, 305 - 355.
- HARDER, R. und W. KOCH (1949). Life-history of *Bonnemaisonia hamifera* (Trailliella intricata). *Nature*, 163, 106.

- HARDER, R. und B. BEDERCKE (1957). Über Wachstumsversuche mit Rot- und Grünalgen (*Porphyridium cruentum*, *Trailiella intricata*, *Chlorella pyrenoidosa*) in verschiedenfarbigem, energieggleichen Licht. Arch. Mikrobiol., 28, 153 - 172.
- HATTORI, A. und Y. FUJITA (1959 a). Crystalline phycobilin chromoproteins obtained from a blue-green alga, *Tolypothrix tenuis*. J. Biochem. (Tokyo), 46, 633 - 644.
- (1959-b). Spectroscopic studies on the phycobilin pigments obtained from blue-green and red algae. J. Biochem. (Tokyo), 46, 903 - 909.
- HIROSE, H. und S. KUMANO (1966). Spectroscopic Studies on the Phycoerythrins from Rhodophycean Algae with special Reference to their Phylogenetical Relations. Bot. Mag. Tokyo, 79, 105 - 113.
- HOEK, C. van den , A.M., CORTEL-BREEMAN, H. RIETEMA und J.B.W. WANDERS (1972)
- L'interprétation des données obtenues par des cultures unialgales , sur les cycles évolutifs des algues. Quelques exemples tirés des recherches conduites au laboratoire de Groningue. Soc. bot. Fr., Mémoires 1972, 45 - 66.
- HURDELBRINK, L. und H.O. SCHWANTES (1972). Sur le cycle de développement de *Batrachospermum*. Soc. bot. Fr., Mémoires 1972, 269 - 274.
- HYGEN, G. (1945). Life cycles and nuclear phases in Florideae. Nytt. Mag. Naturvid., 85, 89 - 98.

KYLIN, H. (1917). Über die Entwicklungsgeschichte von *Batrachospermum moniliiforme*. Ber. Deut. Bot. Ges., 35, 155 - 164.

LAUR, M.-H. (1966). Sur le développement des carpospores de *Lemanea catenata* (Kütz.) Sirod. C. R. Acad. Sc. Paris, 263 D, 1578 - 1581.

L'HARDY-HALOS, M.Th. (1966). Sur le développement expérimental des pleuridies chez quelques *Antithamnion* (Rhodophycées, Céramiacées). C. R. Acad. Sc. Paris, 266 D, 242 - 245.

L'HARDY-HALOS, M.Th. (1971 a). Recherches sur les Céramiacées (Rhodophycées, Céramilales) et sur quelques aspects de leur morphogénèse. Bull. Soc. Sci. Bretagne, 46, 99 - 112.

L'HARDY-HALOS, M.Th. (1971 b). Recherches sur les Céramiacées (Rhodophycées - Céramilales) et leur morphogénèse. III Observations et Recherches expérimentales sur la polarité cellulaire et la Hiérarchisation des éléments de la fronde. Rev. gén. Bot., 78, 407 -

LONGER, A.D. und L.M. FAIRSCHILD (1953). A quickly freeze method formaking smear slides permanent. Stain Technol., 28, 281 - 283.

MAGNE, F. (1952). La structure du noyau et le cycle nucléaire chez le *Porphyra linearis* Greville. C. R. Acad. Sc. Paris, 234, 986 - 988.

----- (1960 a). Sur le lieu de la méiose chez la *Bonnemaisonia asparagoides* (Wood.) C. Ag. C. R. Acad. Sc. Paris, 250, 2742- 44.

----- (1960 b). Le *Rhodochaete parvula* Thuret (Bangioïdée) et sa reproduction sexuée. Cah. Biol. mar., 1, 407-420.

- MAGNE, F. (1961 a). Sur la caryologie de deux Rhodophycées considérées jusqu'ici comme à cycle cytologique entièrement haplophasique. C. R. Acad. Sc. Paris, 252, 4023 - 4024.
- (1961 b). Sur le cycle cytologique du Nematium helminthoides (Vellay) Batters. C. R. Acad. Sc. Paris, 252, 157 - 159.
- (1967). Sur le déroulement et le lieu de la méiose chez les Lémanéacées (Rhodophycées, Nématinales). C.R. Acad. Sc. Paris, 265, 670 - 673.
- MIGITA, S. (1967). Cytological studies on Porphyra yezoensis Ueda. Bull. Fac. Fish., Nagasaki Univ., 24, 55 - 64.
- NAORA, H. (1958). Microspectrophotometry in visible light range. In Handbuch der Histochemie Bd. 1, Allgemeine Methodik, Stuttgart.
- ONOECHA, C. (1962). Phycobilins. In R.A. Lewin: Physiology and Biochemistry of Algae, New-York, London.
- OSTERHOUT, W.J.V. (1898). On the life history of Rhabdonia tenera. Ann. Bot., 10, 403-427.
- RABINOWITCH, E.I. (1945). Photosynthesis and related Processes. I. Interscience Publ., Inc. New York.
- (1951). Photosynthesis and related Processes. II. Pt. I. Interscience Publ., Inc. New York.
- RAMUS, J. (1969). The developmental sequence of the marine red alga Pseudogloiothloea in culture. Univ. California Publ. Bot., 52, 1 - 42.

- RAVANKO, O. (1970). Morphological, Developmental and Taxonomic Studies in the Ectocarpus Complex (Phaeophyceae). Nova Hedwigia, 20, 177 - 252.
- RENNER, O. (1916). Zur Terminologie des pflanzlichen Generationswechsels. Bot. Zeit., 36, 337.
- SANDRITTER, W. (1965). Einleitung zu den Problemen der Cytophotometrie. In Acta Histochemica, Zeitschrift für histologische Topochemie, Supplementband VI.
- (1966). Methods and Results in Quantitative Cytochemistry. In Introduction to quantitative cytochemistry. New York, London.
- SEYBOLD, A. (1934). Über den Lichtgenuß der Sonnen- und Schattenpflanzen. Ber. dtsch. Bot. Ges., 52, 493 - 505.
- SIRODOT, S. (1884). Les Batrachospermes. Paris, 1884.
- SMITH, R.M. und W.E. JONES (1970). The culture of benthic marine Algae in the laboratory and in the field. Helgol. wiss. Meeresunters., 20, 62-69.
- SRINIVASACHAR, D. und K. Patau (1959). Proportionality between Nuclear DNA-Content and Feulgen Dye-Content. Exptl. Cell Res., 17, 286 - 298.
- STOSCH, H.A. von (1965). The sporophytic phase of Liagora farinosa Lamour. British phycol. Bull., 2, 486 - 496.
- SVEDELIUS, N. (1915). Zoologisch-entwicklungsgeschichtliche Studien über Scinaia furcellata. Nov. Act. Reg. Soc. Sc. Upsaliensis ser. IV, 4, 1 - 55.

- SWALE, E.M.F. und J.H. BELCHER (1963). Morphological observations on wild and cultured material of *Rhodochorton investiens* (Lenormand) nov. comb. (*Balbiania investiens* (Len.) Sirodot). *Ann. Bot.*, 27, 281 -290.
- TATAKE, V.G., J. THOMAS, G.P. PHONDKE und A.R. GOPAL - AYENGAR. (1971). Derivative microspectrophotometry of single cells in vivo. *Exptl. Cell Res.*, 66, 1971, 254-253.
- THOMAS, J.B. (1968). Einführung in die Photobiologie, Stuttgart,
- TOKIDA, J. und H. YAMAMOTO (1965). Syntagmatic germination of tetraspores in *Pachymeniopsis yendoi*. *Phycologia*, 5, 15 - 20.
- TRAPP, L. (1966). Instrumentation for recording Microspectrophotometry. In *Introduction to Quantitative Cytochemistry*, New York, London.
- UMEZAKI, J. (1967). On a microscopic phase in the life cycle of *Nemalion pulvinatum* Grunow (*Nemalionaceae*, *Rhodophyta*). *Publ. Seto mar. biol. Lab.*, 15, 311 - 318.
- WESTBROOK, M.A. (1930). Feulgens "Nuclealfärbung" for Chromatin. *Ann. of Bot.*, 44, 1011 - 1012.
- WESTBROOK, M.A. (1935). Observation on nuclear structure in the Florideae. (*Beih. Bot. Centralbl.*, 53, 564 - 585.
- YABU, H. und J. TOKIDA (1963). Mitosis in *Porphyra*. *Bull. Fac. Fisheries, Hokkaido Univ.*, 14, 131 - 136.
- YABU, H. (1969). Observation on chromosomes in some species of *Porphyra*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 19, 239 - 243.

- YAMAHA, G. und S. SUEMATSU (1938). Karyological investigation of some fresh-water algae by means of nuclear reaction. Sci. Rep. Tokyo Burriika Daigaku Sect. B., 60, 269 - 277.
- YOCUM, C.S. (1951). Some experiments on Photosynthesis in marine algae (Dissertation). zitiert nach Blinks, L.R. 1954, s.o.
- YOCUM, C.S. und L.R. BLINKS (1958). Light induced efficiency and pigment alterations in red algae. J. Gen. Physiol., 41, 1113 -17.
- YOSHIDA, T. (1959). Life-cycle of a species of Batrachospermum found in northern Kyushu, Japan. Jap. Journ. Bot., 17, 29 - 42.

Anhang: Abbildungen, Lebenslauf



Abb. 1 Generationswechsel bei Batrachospermum.
 B - Befruchtung, R! - Reduktionsteilung.

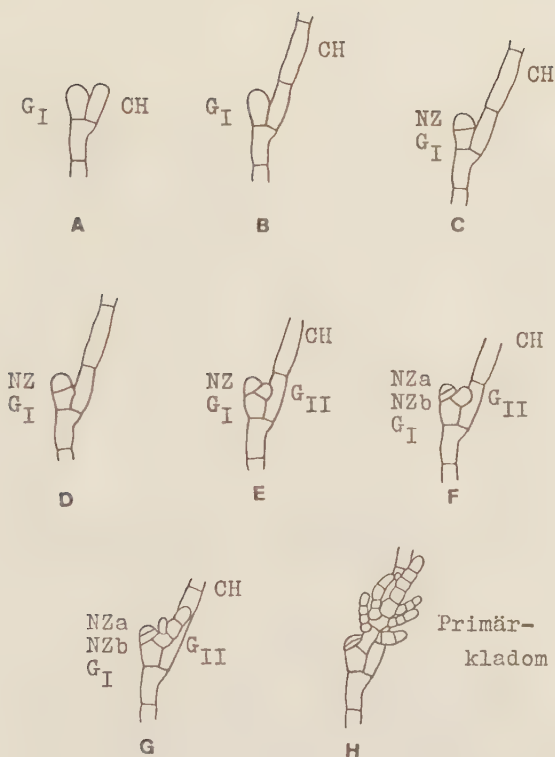


Abb. 2 Metamorphose bei Batrachospermum
 G_I - Gametophytenmutterzelle I, CH- Chlantrastfaden, NZ - Nebenzelle, G_{II} - Gametophytenmutterzelle II, NZa -, NZb - Nebenzellen a, b.

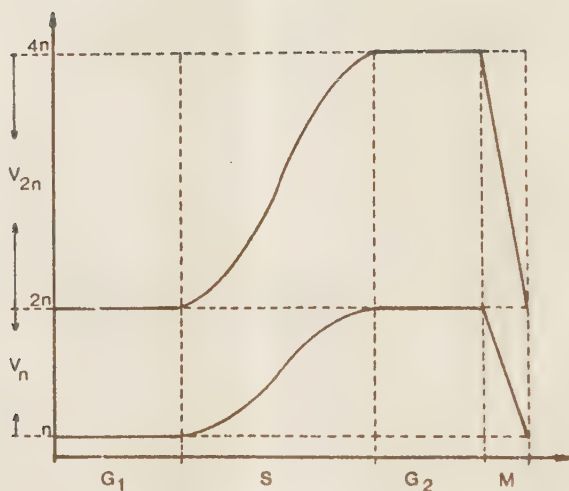


Abb. 3 DNS-Gehalt haploider und diploider Zellen eines Mitosezyklus bei *Batrachospermum*.
 V_n - Variationsbreite haploider Zellen,
 V_{2n} - Variationsbreite diploider Zellen bezüglich des DNS-Gehalts.

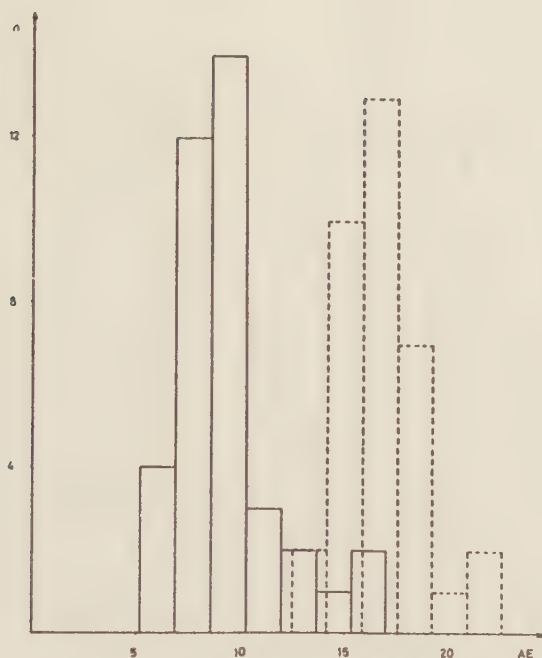


Abb. 4. Histogramm der DNS-Messungen an Kulturmaterial von *Batrachospermum moniliforme*. DNS-Gehalte haploider Zellen sind mit durchgehender, DNS-Gehalte diploider Zellen mit unterbrochener Linie dargestellt. AE - Arbeitseinheiten, n - Zahl der Messungen.

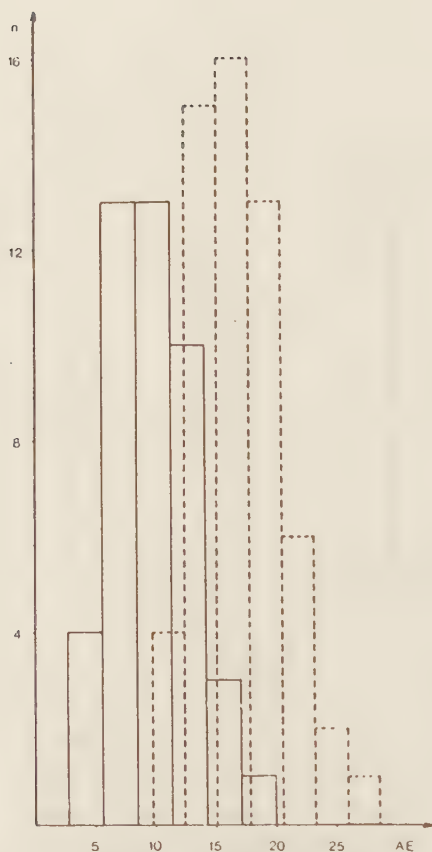


Abb. 5 Histogramm der DNS-Messungen an Kulturmaterial von *Batrachospermum ectocarpum*. DNS-Gehalte haploider Zellen sind mit durchgehender, DNS-Gehalte diploider Zellen mit unterbrochener Linie dargestellt. AE - Arbeitseinheiten, n - Zahl der Messungen.

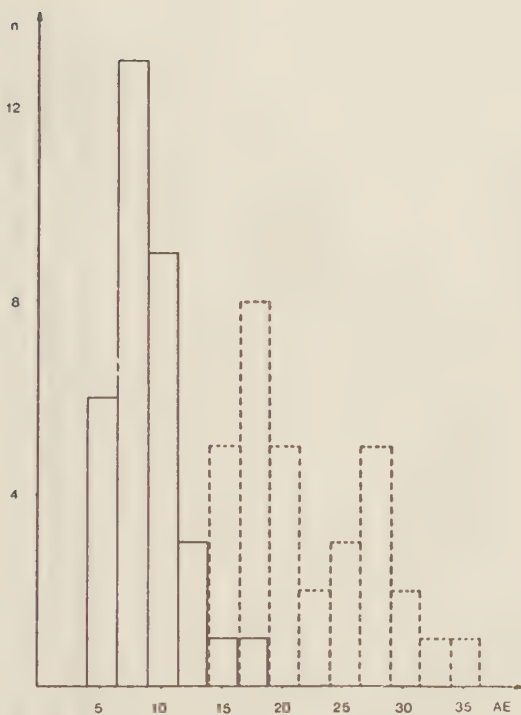


Abb. 6 Histogramm der DNS-Messungen an Freilandmaterial von *Batrachospermum ectocarpum*. DNS-Gehalte haploider Zellen sind mit durchgehender, DNS-Gehalte diploider Zellen mit unterbrochener Linie dargestellt. AE - Arbeitseinheit, n - Zahl der Messungen.

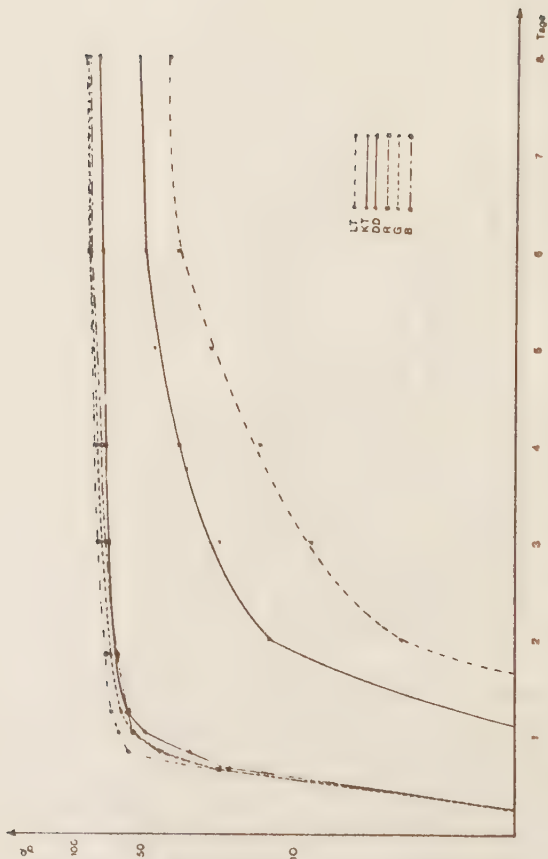


Abb. 7 Karpo- bzw. Monosporen-Keimung unter verschiedenen Lichtbedingungen. LT - Langtag, KT - Kurztag, DD - Dauerdunkel, R - rotes, G - grünes, B - blaues Licht. Wellenlängen und Lichtintensitäten s. Text. Ordinate - Keimungsrate in %, Abszisse - Zeit in Tagen.

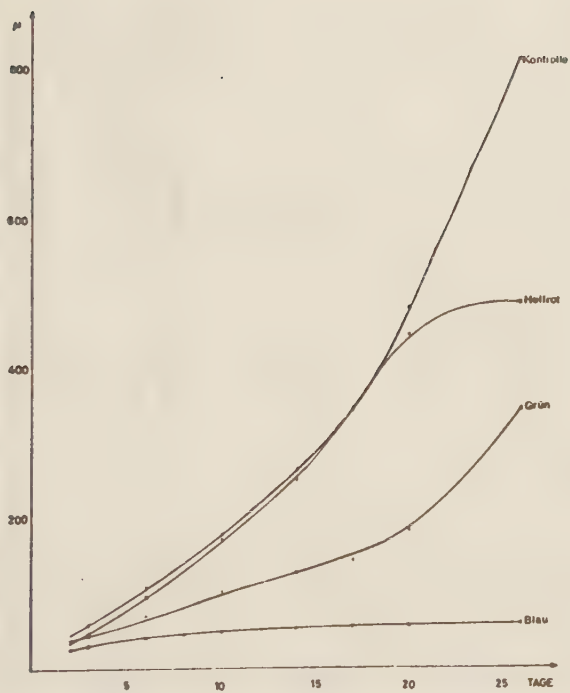


Abb. 8 Wachstumskurve junger Keimlinge unter verschiedenen Lichtbedingungen.



Abb. 9 Original-Transmissionskurve des Analogschreibers
am UMSP I. Rh.T. - Transmissionskurve des Rhodo-
plaster, P.A. - Transmissionskurve des Rhodoplasten-
freien Plasmas, O- Null-Linie des Schreibers

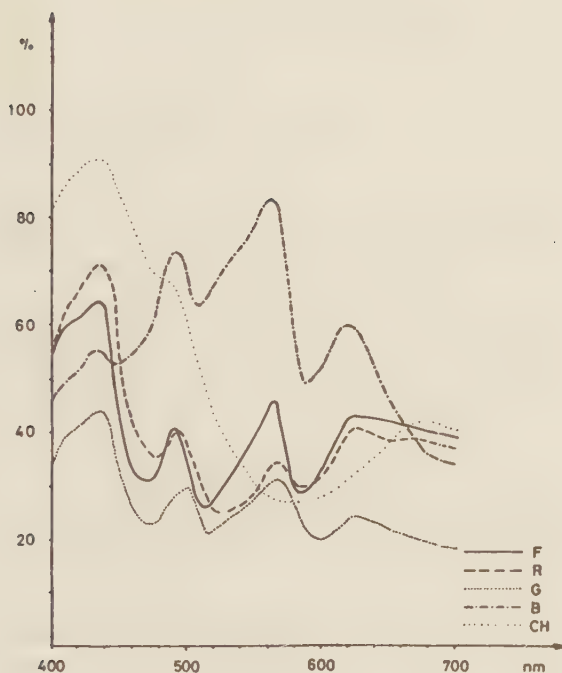


Abb. 10 Mikrospektralphotometrisch gewonnene Absorptionskurven lebender Chlorella-Zellen. F - Freilandmaterial, R - im roten, G - im grünen, B - im blauen Licht kultivierte Algen; CH - Vergleichsspektrum von Chlorella, s. Text.

Mein besonderer Dank gilt:

Für die Anregung zu der vorliegenden Arbeit
und für ihre stete Förderung meinem Lehrer,
Herrn Professor Dr. H.O.Schwantes,

Herrn Professor Dr. D.v.Denffer, dem Direktor
des Botanischen Instituts der Justus Liebig-
Universität Giessen für die Gewährung eines
Arbeitsplatzes,

Herrn Dr.G.Seibold aus dem Institut für Bio-
physik für die freundliche Unterstützung bei
der Durchführung der Messungen und für wert-
volle Diskussionen.

Meine akademischen Lehrer waren
in Münster die Professoren:

Altevogt, Baumeister, Bier, Burrichter, Hage-
dorn, Kaja, Kappert, Nolte, Reinert, Rensch,
Resch, Reznik;

in Giessen die Professoren:

Anders, Ankel, Bückmann, v.Denffer, Ewald,
Glathe, Götting, Gosselck, Grehn, Hoppe, Kilian,
Kröhnke, Lueken, Neubauer, Neumann, Scharmann,
Schraudolf, Schwantes, Wessing;

in Paris die Professoren:

Cabioch, Delépine, Feldmann, L'Hardy-Halos,
Magne.

Lebenslauf

Name	Liesel Eickhorst - Hurdelbrink geb.Hurdelbrink
Geburt	5.Dezember 1942 in Bad Essen
Heirat	12.August 1971 in Grossen-Linden
Nationalität	deutsch
Heimatort	6301 Grossen-Linden
Schulen	1.-4. Schuljahr (1949 -1953) Volksschule in Jeggen, 5.-13.Schuljahr (1953-1962) Neusprachliches Gymnasium mit Frauenoberschule in Osnabrück Abschluß: Abitur des neusprachlichen Zweiges im Februar 1962
Studium	1.-8. Semester (1962-1965) Universität Münster; Fächer: Biologie Französisch, Pädagogik Abschluß: Realschul-Examen im Dezember 1965 9.-16. Semester (1966-1970) Universität Giessen; Fächer: Biologie, Chemie Abschluß: Diplomexamen in Biologie Februar 1970
Tätigkeit im Botanischen Institut:	Von September 1968 - Februar 1970 wissenschaftliche Hilfskraft, von Oktober 1969 - Februar 1970 studentische Tutorin, von Februar 1970 - April 1970 akademische Tutorin, von April 1970 - März 1971 wissenschaftliche Assistentin m.d.V.b., seit April 1971 wissenschaftl. Mitarbeiterin

Chemoprint-Druck 63 Gießen Frankfurter Str. 131 Ruf (06 41) 2 17 12